

GIST	지스트(광주과학기술원) 보도자료	
	http://www.gist.ac.kr	
보도 일시	2019년 11월 20일(수) 조간(온라인 11. 19.(화) 낮)부터 보도해 주시기 바랍니다.	
보도자료 담당	홍보팀 김효정 팀장	062-715-2061 / 010-3644-0356
	홍보팀 이나영 선임행정원	062-715-2062 / 010-2008-2809
자료 문의	신소재공학부 고흥조 교수	062-715-2310

3차원 형태로 자동변형 가능한 전자소자 개발

- 평면소자를 3차원 소자로 변형, 웨어러블 디바이스나 생체로봇 등에 응용 기대
- 수동으로 만들기 힘든 작은 패턴이나 복잡한 구조 구현 실마리

- GIST(지스트, 총장 김기선) 고흥조 교수 연구팀이 기존 고성능의 평면 소자를 자동으로 3차원 형태로 변형시킬 수 있는 기술을 개발했다.
 - 미리 설계한 형태로 변형할 수 있고 손으로 제어하기 힘든 작은 패턴이나 복잡한 구조도 구현할 수 있어 3차원 구조체가 필요한 센서, 디스플레이, 생체로봇 등에 널리 활용될 수 있을 것으로 기대된다.
- 웨어러블 디바이스, 생체로봇 등이 원하는 대로 자유자재로 구동하기 위해서는 전(全) 방향 통신이 가능한 이미지 센서, 디스플레이 소자, 에너지 소자 등과 같이 3차원 형태의 전자소자가 중요하다.
 - 3차원 구조체에 전자소자를 직접 제작하는 공정에 대한 연구가 활발하지만 기존 평면 실리콘 기판 기반의 반도체 공정 수준을 따라잡기는 힘든 실정이었다.
- 반면 평면 소자를 3차원 형태로 변형시킬 수 있게 되면 기존 반도체 공정기술로 만든 고성능·고집적 평면형 전자소자를 그대로 활용할 수 있다.
 - 다만 10마이크로미터(μm) 이하의 아주 얇은 유연 전자소자를 원하는

형태로 변형하려면 소자의 안정성이 뒷받침되어야 하며 입체로 변형시키는 고도의 기술이 필요하다.

- 연구팀은 가전이나 자동차 부품에 널리 쓰이는 고분자, ABS 수지* 기반으로 원하는 형태로 자동으로 변형할 수 있는 가변형 프레임을 제작했다.

※ ABS 수지 : 아크릴로나이트릴(A), 부타디엔(B), 스티렌(S)의 세 가지 성분으로 도너 합성수지로 뛰어난 성형성과 가공성으로 가전 및 자동차 부품 등으로 이용됨

- 수동으로 형태를 변형할 때 따를 수 있는 손상을 완화하는 한편 손으로 만들기 힘든 복잡한 형태도 구현할 수 있어 의미가 있다.

- 먼저 노즐이 내용물을 밀어내듯 소재를 압출하는 방식의 3D 프린팅을 이용해 전단응력(면의 표면에 밀리듯이 작용하는 응력)을 갖는 ABS 선을 ABS 필름 위에 인쇄했다.

- 그리고 일정 온도(유리전이* 온도) 이상으로 가열해 유동성을 부여하면, 전단응력이 해소되면서 평면에서 3차원 형태로 변형시킬 수 있는 상태로 유도한 것이 핵심이다.

※ 유리전이 : 액체를 냉각할 때, 그 물질 고유의 온도영역에서 급격히 굳는 현상

- 실제 만들어진 가변형 고분자 프레임에 금속전극과 산화물 반도체 소자를 장착하고 형태를 변형시킨 결과, 전극과 소자에 작용하는 응력이 현저히 감소해 안정적으로 구동하는 것을 확인했다.

- 고성능의 평면 전자소자를 그대로 활용해 자동으로 입체로 변형할 수 있는 실마리를 제시한 이번 연구는 과학기술정보통신부와 한국연구재단이 추진하는 중견연구지원사업의 지원으로 수행되었고 신소재 분야 국제학술지 '어드밴스드 펑셔널 머티리얼스(Advanced Functional Materials)' 에 11월 18일 게재되었다.

1 주요내용 설명

< 논문명, 저자정보 >

논문명	Automatic Transformation of Membrane-Type Electronic Devices into Complex 3D structures via Extrusion Shear Printing and thermal Relaxation of Acrylonitrile-Butadiene-Styrene Frameworks
저자	고흥조 교수(교신저자 · 광주과학기술원 신소재공학부), 장훈수 박사(공동1저자 · 광주과학기술원 신소재공학부), 유성광 석박사통합과정(공동1저자 · 광주과학기술원 신소재공학부), 강성현 석사(광주과학기술원 신소재공학부), 박종준 학사(광주과학기술원 신소재공학부), 김기관 석박사통합과정(광주과학기술원 신소재공학부)

< 연구의 주요내용 >

1. 연구의 필요성

- 3차원 전자소자는 전방향 통신이 필요한 이미지 센서, 디스플레이 소자, 안테나, 에너지 소자 또는 다양한 형태의 구현이 필요한 웨어러블 소자, 생체로봇 등 그 활용도가 매우 높아 많은 연구가 진행되고 있다.
- 3차원 전자소자를 구성하기 위해 3차원 구조체에 전자소자를 직접 제작하는 공정기술 개발을 위해 많은 연구가 진행되고 있으나, 기존의 평면 실리콘 기판 기반의 반도체 공정의 수준을 따라잡기는 매우 힘들다.
- 반면, 형태 변형기술을 통해, 평면형 전자소자를 3차원 형태로 제작할 경우, 기존 반도체 공정기술을 이용하여 제작된 고성능, 고집적 평면형 전자소자를 그대로 활용할 수 있다.
- 두께 10 마이크로미터(μm) 이하의 박막형 유연 전자소자는 형태 변형이 쉬우나, 원하는 형태의 구현 및 변형 시 전자소자의 안정성 확보를 위한 형태 변형 제어 기술이 필요하다. 또한, 매우 작은 크기나 복잡한 구조를 구현하기 위해 원하는 형태로 자동으로 변해야 한다.

2. 연구내용

- 연구팀은 압출 기반 3D 프린팅을 통해 전단 응력을 갖는 ABS 선을 ABS 고분자 프레임에 인쇄하고, 이를 유리 전이 온도 이상으로 가열하여, 유동성을 갖게 하는 열적 완화 과정을 통해, 평면 상태에서 3차원 형태로 변할 수 있는 가변형 고분자 프레임을 개발하였다.
- 개발한 가변형 고분자 프레임에 금속 기반 전극과 산화물 반도체인 인듐 갈륨 아연 산화물 기반 박막트랜지스터 소자를 장착하고 형태 변형을 진행하였을 때, 열적 완화 과정에서 전극과 소자에 작용하는 응력을 현저히 감소시켜, 전극과 소자가 안정적으로 구동됨을 확인할 수 있었다.
- 변형 방향 및 정도를 손으로 직접 조절하는 것이 아닌 가변형 고분자 프레임에 압출 전단 인쇄하는 ABS 선의 길이, 두께, 너비와 ABS 선 간의 거리, ABS 선의 위치를 달리함에 따라 제어할 수 있어 원하는 3차원 구조체를 구현함에 자유도가 매우 높다.
- 또한, 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 고분자 프레임의 형태 변형 시 전극, 소자, 고분자 프레임의 응력 분포를 보았을 때, 전극, 소자, 고분자 프레임의 허용 범위를 벗어나지 않고 기계적 안정성을 가짐을 확인할 수 있었다.

3. 연구성과/기대효과

- 압출 전단 인쇄와 열적 완화 과정을 통한 형태 변형기술은 평면 형태의 고성능 전자소자를 원하는 3차원 형태로의 구현을 가능하게 한다.
- 특히 이 기술은 미리 설계한 형태로 자동으로 변하여, 손으로 제어하기 힘든 매우 작은 크기나, 복잡한 구조를 구현할 수 있다. 이 기술은 3차원 구조체가 필요한 센서, 디스플레이, 통신 장비, 웨어러블 장치, 생체 로봇 등의 플랫폼 개발에 큰 역할을 할 것으로 기대된다.

2 그림 설명

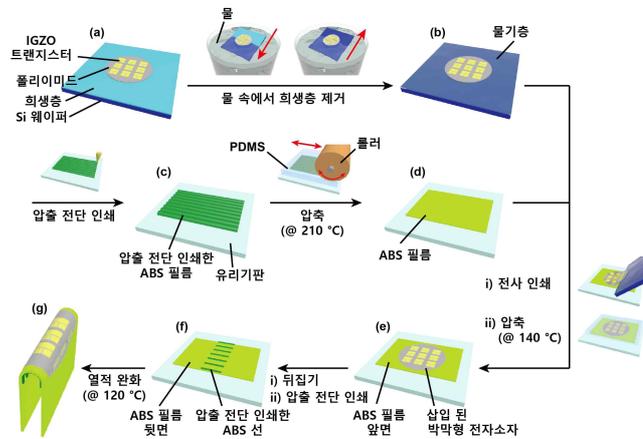


그림 1. 압출 전단 인쇄와 열적 완화 과정을 통한 박막형 전자소자의 형태 변형 공정 모식도.

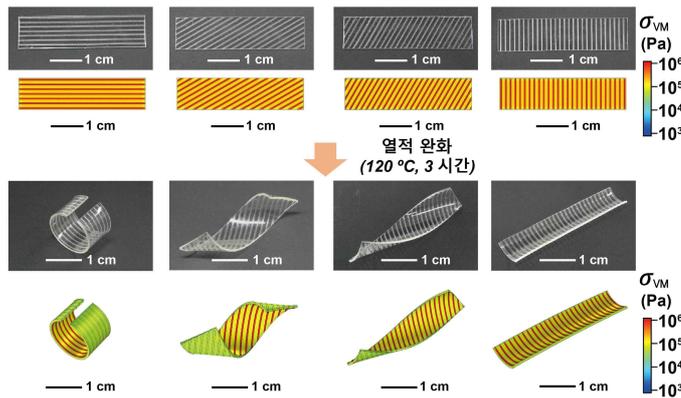


그림 2. 압출 전단 인쇄한 ABS 선의 방향에 따른 ABS 프레임워크의 형태 변형 모습. ABS 선의 인쇄 각도를 조절하여, 원통부터 나선 구조까지 구현할 수 있음.

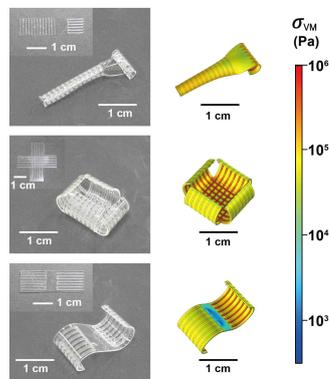


그림 3. 압출 전단 인쇄한 ABS 선의 위치 및 방향에 따른 ABS 프레임워크의 형태 변형 모습. ABS 선의 인쇄 위치 및 방향을 조절하여, 면도기 형태, 박스 형태, 파도 형태 등 다양한 형태를 구현할 수 있음.

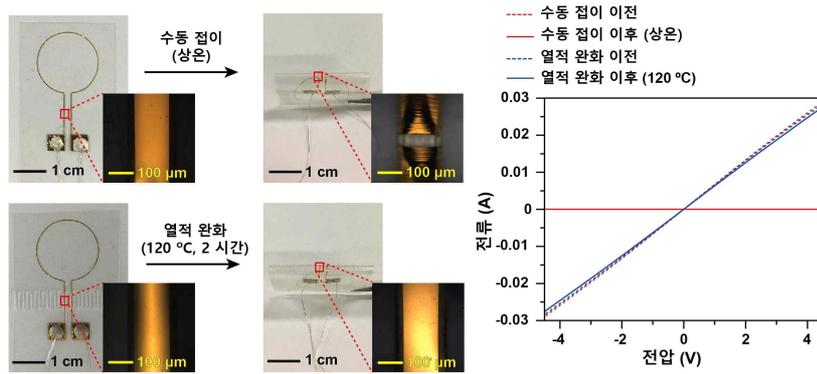


그림 4. 상온에서 수동으로 접은 전극과 압출 전단 인쇄와 열적 완화 과정을 통한 형태 변형이 이루어진 전극의 사진(왼쪽)과 전극의 안정성을 보여주는 그래프(오른쪽). 수동으로 접어준 전극의 경우, 접이 후 완전히 끊어져 전류가 흐르지 않지만, 압출 전단 인쇄와 열적 완화 과정을 통한 형태 변형의 경우 전극이 안정적으로 작동함.

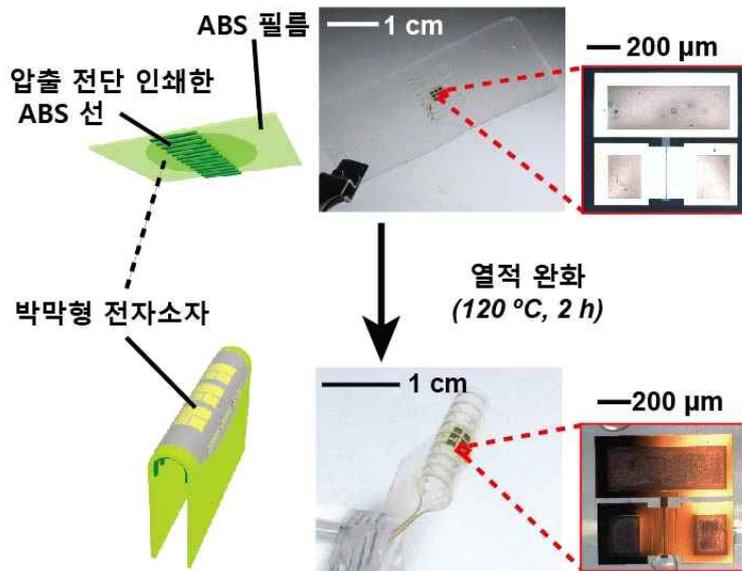


그림 5. 압출 전단 인쇄와 열적 완화 과정을 통해 인듐갈륨아연 기반 박막 트랜지스터의 형태 변형을 할 수 있으며, 변형 후에도 깨지거나 균열이 발생하지 않고 안정적으로 작동함.

3 연구 이야기

□ 연구를 시작한 계기나 배경은?

본 연구실에서는 3차원 전자소자를 개발하기 위해 평면 형태의 박막 전자소자를 형태 변형 시키는 기술에 대해 연구를 진행한 바 있다. 하지만 기존의 연구에서는 형태 변형이 자동으로 이루어지는 것이 아니라 형태 변형이 가능한 상태로 만든 뒤 손으로 접어 3차원 구조를 만들었다. 손으로 조절하기 힘든 복잡한 형태로 변형을 일으키기 위해 자동으로 변형할 수 있는 방식에 대한 연구를 진행했다.

□ 이번 성과, 무엇이 다른가?

본 연구 성과는 필름형태의 전자소자를 손상 없이 안정적으로 3차원 형태로 자동으로 변화시키는 기술을 개발한 것이 가장 큰 특징이다. 단순히 형태 변형만 이루어진 것이 아니라 열적 완화 과정을 통해 변형 시 소자에 가해지는 응력이 각 물질의 허용 범위를 넘지 않게 하여 고성능 전자소자의 형태변형이 가능하게 하였다. 이를 증명하기 위해 인듐갈륨아연 기반 산화물 박막 트랜지스터와 같은 복잡한 전자소자를 직접 형태 변형시킨 후 안정적인 구동을 확인하였다.

□ 실용화된다면 어떻게 활용될 수 있나? 실용화를 위한 과제는?

3차원 전자소자 시스템은 전방향 통신이 필요한 이미지 센서, 디스플레이 소자, 안테나, 에너지 소자 또는 다양한 형태의 구현이 필요한 웨어러블 소자, 생체 로봇 등 그 활용도가 매우 높다. 실용화를 위해서는 다양한 기능을 가지는 전자소자의 적용이 필요하며, 독립적인 구동을 위한 전력 시스템과 데이터 전송을 위한 통신 시스템의 결합이 필요하다.

□ 꼭 이루고 싶은 목표나 후속 연구계획은?

본 연구에서 박막형 전자소자를 안정적으로 3차원 형태 변형을 시킬 수 있는 기술을 개발하였다. 이 기술을 이용하여, 대면적의 박막형 전자소자를 복잡한 형태로 구현하여, 3차원 전자소자의 기능성을 활용할 수 있는 연구를 진행할 계획이다.